

107-1-550
MAR 2005

PCT/JP03/11760

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

12.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年 9月18日

出願番号
Application Number: 特願2002-271240

[ST. 10/C]: [JP2002-271240]

出願人
Applicant(s): 三菱住友シリコン株式会社

REC'D 30 OCT 2003

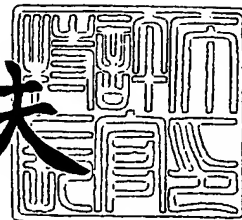
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月17日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3085520

【書類名】 特許願

【整理番号】 P02ML009J

【提出日】 平成14年 9月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C30B 15/00
C30B 15/14
C30B 15/20

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 原田 和浩

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 符 森林

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 鈴木 洋二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 降屋 久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 阿部 秀延

【特許出願人】

【識別番号】 302006854

【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100085372

【弁理士】

【氏名又は名称】 須田 正義

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003285

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 シリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 石英るつぼ(13)の外周面を包囲するヒータ(18)により加熱されて前記石英るつぼ(13)に貯留されたシリコン融液(12)からシリコン単結晶棒(25)を引上げる装置に設けられ、下端が前記シリコン融液(12)表面から間隔をあけて上方に位置しかつ前記シリコン単結晶棒(25)の外周面を包囲して前記ヒータ(18)からの輻射熱を遮る筒部(37)と、前記筒部(37)の下部に筒内の方向に膨出して設けられた膨出部(41)と、前記膨出部(41)の内部に設けられ前記シリコン単結晶棒(25)の下部外周面を包囲するリング状の蓄熱部材(47)とを備えた熱遮蔽部材において、

前記蓄熱部材(47)は熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、

前記蓄熱部材(47)は前記シリコン単結晶棒(25)の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する内周面を有し、

前記シリコン単結晶棒(25)の直径を d とするとき d が 100 mm 以上であり前記蓄熱部材(47)の内周面は高さ(H_1)が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であって前記シリコン単結晶棒(25)の外周面との最小間隔(W_1)が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成された

ことを特徴とするシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 2】 蓄熱部材(47)は前記シリコン単結晶棒(25)の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面を有し、

前記外周面の上縁と蓄熱部材(47)の最下部との垂直距離(H_2)が 10 mm 以上 d 以下であって前記石英るつぼ(13)内周面との最小間隔(W_2)が 20 mm 以上 $d/4$ 以下である請求項 1 記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 3】 蓄熱部材(47)は水平に形成された上面又は水平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度(δ)で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有する請求項 1 又は 2 記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 4】 蓄熱部材(47)は水平に形成された底面を有する請求項 1 ないし 3 いずれか記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 5】 蓄熱部材(47)は平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度 (α 又は θ) で下方に又は上方に向うに従って直径が小さく形成された底面を有する請求項 1 ないし 3 いずれか記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 6】 筒部(37)が、内筒部材(37a)と、外筒部材(37b)と、前記内筒部材(37a)と前記外筒部材(37b)の間に充填又は介在された断熱材(37c)とを有する請求項 1 ないし 5 いずれか記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 7】 断熱材(37c)の内径(D_1)が $2d$ 以上であり、前記断熱材(37c)の厚さ(t)が 5 mm 以上である請求項 6 記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【請求項 8】 内筒部材(37a)の厚さを n とするとき、内筒部材(37a)の内径(D_2)が $(2d - 2n)$ 以上である請求項 7 記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シリコン単結晶棒を引上げて育成する装置に設けられた熱遮蔽部材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種のシリコン単結晶引上げ装置として、チャンバ内にシリコン融液が貯留された石英るつぼが収容され、シリコン単結晶棒の外周面と石英るつぼの内周面との間にシリコン単結晶棒を包囲するように熱遮蔽部材が挿入された引上げ装置（例えば、特許文献 1 参照。）が開示されている。この装置における熱遮蔽部材は引上げられるシリコン単結晶棒の外周面を包囲しかつ下端がシリコン融液表面から間隔をあけて上方に位置しヒータからの輻射熱を遮る筒部を有し、この熱遮蔽部材はシリコン単結晶棒の外周面と筒部の内周面との間を流下する不活性ガスをスムーズに導くように構成される。この引上げ装置では、露出した石英るつぼの内周壁からの輻射熱を熱遮蔽部材が遮ることにより、輻射熱がシリコン単結晶棒の外周面に達することを防止して、引上げ中のシリコン単結晶棒の凝固

を促進し、シリコン単結晶棒を速やかに冷却するようになっている。

【0003】

また、この種の熱遮蔽部材として、筒部が輻射熱の温度域における耐熱性を有する黒鉛等の母材と、この母材のシリコン単結晶棒側の面を被覆しかつ母材より輻射率が小さい石英等の被覆材とを有する多層構造に形成されたものが開示されている（例えば、特許文献2参照。）。このように構成された熱遮蔽部材では、熱輻射率の大きい母材を、この母材より熱輻射率の小さい被覆材で被覆したので、シリコン単結晶棒へのるつば及びヒータの輻射熱の遮断効果を向上できる。この結果、シリコン単結晶棒の冷却の促進による引上げ速度を増大でき、シリコン単結晶棒の生産性を向上できるようになっている。

【0004】

一方、半導体集積回路を製造する工程において、歩留りを低下させる原因として酸化誘起積層欠陥（Oxidation-induced Stacking Fault、以下、OSFという。）の核となる酸素析出物の微小欠陥や、結晶に起因したパーティクル（Crystal Originated Particle、以下、COPという。）や、或いは侵入型転位（Interstitial-type Large Dislocation、以下、L/Dという。）の存在が挙げられている。OSFは、結晶成長時にその核となる微小欠陥が導入され、半導体デバイスを製造する際の熱酸化工程等で顕在化し、作製したデバイスのリーク電流の増加等の不良原因になる。またCOPは、鏡面研磨後のシリコンウェーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄したときにウェーハ表面に出現する結晶に起因したピットである。このウェーハをパーティクルカウンタで測定すると、このピットも本来のパーティクルとともに光散乱欠陥として検出される。

【0005】

このCOPは電気的特性、例えば酸化膜の経時絶縁破壊特性（Time Dependent dielectric Breakdown、TDDb）、酸化膜耐圧特性（Time Zero Dielectric Breakdown、TZDB）等を劣化させる原因となる。またCOPがウェーハ表面に存在するとデバイスの配線工程において段差を生じ、断線の原因となり得る。そして素子分離部分においてもリーク等の原因となり、製品の歩留りを低くする。更にL/Dは、転位クラスタとも呼ばれたり、或いはこの欠陥を生じたシリコ

ンウェーハをフッ酸を主成分とする選択エッチング液に浸漬するとピットを生じることから転位ピットとも呼ばれる。このL/Dも、電気的特性、例えばリーク特性、アイソレーション特性等を劣化させる原因となる。この結果、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハからOSF、COP及びL/Dを減少させることが必要となっている。

【0006】

このOSF、COP及びL/Dを有しない無欠陥のシリコンウェーハを切出すために、ボロンコフ (Voronkov) の理論に基づいたシリコン単結晶棒の製造方法が(例えば、特許文献3及び4参照。)に開示されている。このボロンコフ (Voronkov) の理論では、シリコン単結晶棒を速い速度で引上げると、シリコン単結晶棒内部に空孔型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域[V]が形成され、シリコン単結晶棒を遅い速度で引上げると、シリコン単結晶棒内部に格子間シリコン型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域[I]が形成される。このため上記製造方法では、シリコン単結晶棒を最適な引上げ速度で引上げることによりシリコン単結晶棒の軸方向における温度勾配の径方向分布を略均一にして、上記点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域[P]からなるシリコン単結晶棒を製造できるようになっている。

【0007】

【特許文献1】

特公昭57-40119号公報

【特許文献2】

特開平8-325090号公報

【特許文献3】

米国特許番号6,045,610号

【特許文献4】

特開平11-1393号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、特開平8-325090号公報に示された単結晶引上げ装置における

熱遮蔽部材では、シリコン融液から引上げられるシリコン単結晶棒の外周面からの放熱量が多いため、シリコン単結晶棒の中央における軸方向の温度勾配に比較してシリコン単結晶棒の外周部における軸方向の温度勾配は高くなり、シリコン単結晶棒 25 の軸方向における温度勾配の径方向分布を均一にすることができない不具合がある。特に、シリコン単結晶棒の大口径化が進むと、上記シリコン単結晶棒の中心部と外周部との軸方向における温度勾配の差は更に大きくなることが予想される。このため、シリコン単結晶棒中に上記差に基づく熱的ストレスが発生して無欠陥のシリコン単結晶棒を得ることができないおそれがあった。

本発明の目的は、シリコン融液から引上げ中のシリコン単結晶棒の下部外周部の急激な温度低下を阻止することにより、シリコン単結晶棒の中心部と外周部との軸方向における温度勾配の差を縮めて無欠陥のシリコン単結晶棒を得るシリコン単結晶棒引上げ装置の熱遮蔽部材を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に係る発明は、図 2 に示すように、石英るつぼ 13 の外周面を包囲するヒータ 18 により加熱されてその石英るつぼ 13 に貯留されたシリコン融液 12 からシリコン単結晶棒 25 を引上げる装置に設けられ、下端がシリコン融液 12 表面から間隔をあけて上方に位置しかつシリコン単結晶棒 25 の外周面を包囲してヒータ 18 からの輻射熱を遮る筒部 37 と、筒部 37 の下部に筒内の方向に膨出して設けられた膨出部 41 と、膨出部 41 の内部に設けられシリコン単結晶棒 25 の下部外周面を包囲するリング状の蓄熱部材 47 とを備えた熱遮蔽部材の改良である。

その特徴ある構成は、図 1 に示すように、蓄熱部材 47 は熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、蓄熱部材 47 はシリコン単結晶棒 25 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する内周面を有し、シリコン単結晶棒 25 の直径を d とするとき d が 100 mm 以上であり蓄熱部材 47 の内周面は高さ H_1 が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒 25 の外周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成されたところにある。

【0010】

この請求項1に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、膨出部41より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒25の周囲は高温のヒータ18及びシリコン融液12によって積極的に加熱される。一方、膨出部41の内部に設けられた蓄熱部材47も高温のヒータ18及びシリコン融液12によって積極的に加熱され、この膨出部41に対向するシリコン単結晶棒25の周囲は加熱された蓄熱部材47によって加熱される。これにより、シリコン単結晶棒25の下部外周部の急激な温度低下は阻止され、この部分におけるシリコン単結晶棒25の軸方向における温度勾配の径方向分布が略均一となり、ボロンコフのV/Gモデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒25を製造することができる。

【0011】

一方、膨出部41より上方の筒部37の内側は、膨出部41の内部に設けられた蓄熱部材47により高温のシリコン融液12からの輻射熱が遮られ、筒部37によりヒータ18からの輻射熱も遮られる。よって、膨出部41より上方に位置するシリコン単結晶棒25からの放熱は上述したシリコン単結晶棒25の下部に比較して促進される。

ここで、蓄熱部材47の熱伝導率が $5\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ を超えるか、或いは蓄熱部材47の内周面における高さ H_1 が 10 mm 未満であるか、又はシリコン単結晶棒25の外周面と蓄熱部材47の内周面との最小間隔 W_1 が $0.2d$ を越えると、シリコン融液12からの輻射熱の十分な断熱ができない。この蓄熱部材47の好ましい熱伝導率は $1\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下である。また、蓄熱部材47の内周面における高さ H_1 が $d/2$ を越えるとこの蓄熱部材47を内蔵する膨出部41が大型化して膨出部41より上方に位置するシリコン単結晶棒25からの放熱を促進することが困難になる。また、シリコン単結晶棒25の外周面と蓄熱部材47の内周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 未満であると引上げ途中のシリコン単結晶棒25にこの蓄熱部材47を内蔵する膨出部41が接触するおそれがある。

【0012】

請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、蓄熱部材47はシリコ

ン単結晶棒 25 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面を有し、その外周面の上縁と蓄熱部材 47 の最下部との垂直距離 H_2 が 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ 13 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 以上 $d/4$ 以下であるシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材である。

この請求項 2 に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、シリコン融液 12 又は石英るつぼ 13 からの放熱を蓄熱部材 47 の下面及び外周面が受けてその蓄熱部材 47 自体が温度上昇することにより、シリコン単結晶棒 25 の固液界面付近におけるシリコン単結晶棒 25 の外周部における急激な温度低下を阻止できる。ここで、蓄熱部材 47 の外周面における高さ H_2 が 10 mm 未満であると放熱を十分に断熱することができず、シリコン単結晶棒 25 の直径 d を越えとこの蓄熱部材 47 を内蔵する膨出部 41 が大型化する。また、石英るつぼ 13 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 未満であるとその熱遮蔽部材 36 が石英るつぼ 13 に接触するおそれがあり、 $0.25d$ を越えと十分に断熱することが困難になる。

【0013】

ここで、蓄熱部材 47 は水平に形成された上面又は水平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度 δ で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有することが好ましい。水平又は傾斜した上面を有することにより、シリコン単結晶棒 25 の外周面と筒部 37 の内周面との間を流下する不活性ガスはスムーズにシリコン融液 12 と膨出部 41 との間に導かれる。

一方、蓄熱部材 47 の底面は、シリコン融液 12 からの輻射熱をその蓄熱部材 47 が蓄熱することを助長させるために、図 1 に示すような水平面にするか、或いは図 9 及び図 10 に示すように、平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度 (α 又は θ) で下方に又は上方に向うに従って直径が小さくなるように形成することが好ましい。

【0014】

請求項 6 に係る発明は、請求項 1 ないし 5 いずれかに係る発明であって、図 1 に示すように、筒部 37 が、内筒部材 37a と、外筒部材 37b と、内筒部材 37a と外筒部材 37b の間に充填又は介在された断熱材 37c とを有するシリコ

ン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材である。

この請求項6に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、ヒータ18や石英るつぼ13の内周壁からシリコン単結晶棒25に向う輻射熱を有効に遮り、膨出部41を越えて引上げられたシリコン単結晶棒25の冷却を促進させる。

【0015】

請求項7に係る発明は、請求項6に係る発明であって、断熱材37cの内径 D_1 が $2d$ 以上であり、断熱材37cの厚さ t が5mm以上であるシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材である。

請求項8に係る発明は、請求項7に係る発明であって、内筒部材37aの厚さを n とすると、内筒部材37aの内径 D_2 が $(2d - 2n)$ 以上であるシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材である。

この請求項7及び請求項8に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、ヒータ18や石英るつぼ13の内周壁からシリコン単結晶棒25に向う輻射熱を確実に遮ることができるだけでなく、筒部37が結晶25から離れている程、膨出部41より上方における結晶25の冷却を促進することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

次に本発明の第1の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図2に示すように、シリコン単結晶の引上げ装置10のチャンバ11内には、シリコン融液12を貯留する石英るつぼ13が設けられ、この石英るつぼ13の外周面は黒鉛サセプタ14により被覆される。石英るつぼ13の下面は上記黒鉛サセプタ14を介して支軸16の上端に固定され、この支軸16の下部はるつぼ駆動手段17に接続される。るつぼ駆動手段17は図示しないが石英るつぼ13を回転させる第1回転用モータと、石英るつぼ13を昇降させる昇降用モータとを有し、これらのモータにより石英るつぼ13が所定の方向に回転し得るとともに、上下方向に移動可能となっている。石英るつぼ13の外周面は石英るつぼ13から所定の間隔をあけてヒータ18により包囲され、このヒータ18は保温筒19により包囲される。ヒータ18は石英るつぼ13に投入された高純度のシリ

コン多結晶体を加熱・融解してシリコン融液 1 2 にする。

【0 0 1 7】

またチャンバ 1 1 の上端には円筒状のケーシング 2 1 が接続される。このケーシング 2 1 には引上げ手段 2 2 が設けられる。引上げ手段 2 2 はケーシング 2 1 の上端部に水平状態で旋回可能に設けられた引上げヘッド（図示せず）と、このヘッドを回転させる第 2 回転用モータ（図示せず）と、ヘッドから石英るつぼ 1 3 の回転中心に向って垂下されたワイヤケーブル 2 3 と、上記ヘッド内に設けられワイヤケーブル 2 3 を巻取り又は繰出す引上げ用モータ（図示せず）とを有する。ワイヤケーブル 2 3 の下端にはシリコン融液 1 2 に浸してシリコン単結晶棒 2 5 を引上げるための種結晶 2 4 が取付けられる。

更にチャンバ 1 1 にはこのチャンバ 1 1 のシリコン単結晶棒側に不活性ガスを供給しかつ上記不活性ガスをチャンバ 1 1 のるつぼ内周面側から排出するガス給排手段 2 8 が接続される。ガス給排手段 2 8 は一端がケーシング 2 1 の周壁に接続され他端が上記不活性ガスを貯留するタンク（図示せず）に接続された供給パイプ 2 9 と、一端がチャンバ 1 1 の下壁に接続され他端が真空ポンプ（図示せず）に接続された排出パイプ 3 0 とを有する。供給パイプ 2 9 及び排出パイプ 3 0 にはこれらのパイプ 2 9, 3 0 を流れる不活性ガスの流量を調整する第 1 及び第 2 流量調整弁 3 1, 3 2 がそれぞれ設けられる。

【0 0 1 8】

一方、引上げ用モータの出力軸（図示せず）にはエンコーダ（図示せず）が設けられ、るつぼ駆動手段 1 7 には支軸 1 6 の昇降位置を検出するエンコーダ（図示せず）が設けられる。2 つのエンコーダの各検出出力はコントローラ（図示せず）の制御入力に接続され、コントローラの制御出力は引上げ手段 2 2 の引上げ用モータ及びるつぼ駆動手段の昇降用モータにそれぞれ接続される。またコントローラにはメモリ（図示せず）が設けられ、このメモリにはエンコーダの検出出力に対するワイヤケーブル 2 3 の巻取り長さ、即ちシリコン単結晶棒 2 5 の引上げ長さが第 1 マップとして記憶される。また、メモリには、シリコン単結晶棒 2 5 の引上げ長さに対する石英るつぼ 1 3 内のシリコン融液 1 2 の液面レベルが第 2 マップとして記憶される。コントローラは、引上げ用モータにおけるエンコー

ダの検出出力に基づいて石英るつぼ13内のシリコン融液12の液面を常に一定のレベルに保つように、るつぼ駆動手段17の昇降用モータを制御するように構成される。

【0019】

シリコン単結晶棒25の外周面と石英るつぼ13の内周面との間にはシリコン単結晶棒25の外周面を包囲する熱遮蔽部材36が設けられる。この熱遮蔽部材36は円筒状に形成されヒータ18からの輻射熱を遮る筒部37と、この筒部37の上縁に連設され外方に略水平方向に張り出すフランジ部38とを有する。上記フランジ部38を保温筒19上に載置することにより、筒部37の下縁がシリコン融液12表面から所定の距離だけ上方に位置するように熱遮蔽部材36はチャンバ11内に固定される。図1に示すように、筒部37は、内筒部材37aと、外筒部材37bと、内筒部材37aと外筒部材37bの間に充填又は介在された断熱材37cとを有する。この実施の形態における筒部37は同一直径の筒状体であり、断熱材37cは、カーボン繊維からなるフェルト材からなる。そして、シリコン単結晶棒25の直径を d とすると、 d が100mm以上である場合、この断熱材37cの内径 D_1 は $2d$ 以上であり外筒部材37bが石英るつぼ13の内面に接触しない範囲でその外径が決定される。この断熱材37cの厚さ t は5mm以上になるように形成され、内筒部材37aの厚さを n とすると、内筒部材37aの内径 D_2 は $(2d - 2n)$ 以上になるように形成される。そしてこの筒部37の下部には筒内の方向に膨出する膨出部41が設けられる。

【0020】

膨出部41は、筒部37の下縁に接続され水平に延びてシリコン単結晶棒25の外周面近傍に達するリング状の底壁42と、底壁42の内縁に連設された縦壁44と、この縦壁44の上縁に連設された上壁46とにより構成される。この実施の形態では、筒部37における外筒部材37bと底壁42は一体的に形成され、筒部37における内筒部材37aと上壁46と縦壁44とが一体的に形成される。内筒部材37a、外筒部材37b、底壁42、縦壁44及び上壁46は、熱的に安定で高純度な黒鉛或いは表面にSiCがコーティングされた黒鉛によって作ることが好ましいが、熱的に安定なMo（モリブデン）やW（タングステン）

等の材料を使うこともできる。

【0021】

上壁46は水平か、或いは上方に向うに従って直径が大きくなるように形成され、上縁が筒部37における内筒部材37aに連続するように構成される。なお、筒部37の下部である外筒部材37bの下部と底壁42と縦壁44と上壁46とにより囲まれる膨出部41の内部にはリング状の蓄熱部材47が設けられる。この実施の形態における蓄熱部材47は、膨出部41の内部にカーボン繊維からなる $0.05 \sim 0.50 \text{ g/cm}^3$ のフェルト材で充填することにより形成され、このカーボン繊維を蓄熱部材47として用いることにより、その蓄熱部材47の熱伝導率は $5 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ 以下に制限される。但し、蓄熱部材47は、このカーボン繊維からなるフェルト材に限らず、熱伝導率が $5 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ 以下であれば、アルミナ等の断熱材を使用することも可能である。

【0022】

膨出部41の内部に設けられた蓄熱部材47は、膨出部41を形成する縦壁44によりシリコン単結晶棒25の軸心線に対して平行に又は -30° 以上 $+30^\circ$ 度以下の角度で傾斜する内周面が形成され、シリコン単結晶棒25の直径を d とするときその蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒25の外周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成される。ここで、 -30° とはシリコン単結晶棒25の軸心線に対して 30° の角度を持って上方に向うに従って直径が小さくなるように形成されることを表し、 $+30^\circ$ とは軸心線に対して 30° の角度を持って上方に向うに従って直径が大きくなるように形成されることを表すが、好ましくはシリコン単結晶棒25の軸心線に対して平行、即ち蓄熱部材47の内周面は鉛直になるように形成されることが好ましい。

【0023】

一方、膨出部41を構成する上壁46が水平か、或いは上方に向うに従って直径が大きくなるように形成されることから、蓄熱部材47は水平に形成された上面、又は水平面に対して 0° を越えた 80° 以下の角度 δ で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有し、蓄熱部材47は、筒部37の下部によりシ

リコン単結晶棒 25 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面が形成される。そして底壁 42 が水平に延びて形成されることから蓄熱部材 47 は水平に形成された底面を有し、蓄熱部材 47 の内周面及び外周面のそれぞれの下縁は同一の鉛直位置となり、その外周面上縁と蓄熱部材 47 の最下部との垂直距離 H_2 は 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ 13 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 以上 $d/4$ 以下になるように形成される。なお、直径 d が 200 mm のシリコン単結晶棒 25 を引き上げる場合における間隔 W_1 の好ましい値は $15 \sim 35\text{ mm}$ であり、間隔 W_2 の好ましい値は $20 \sim 40\text{ mm}$ である。

【0024】

このように構成されたシリコン単結晶の引上げ装置の動作を説明する。

従来のシリコン単結晶の引上げ装置における熱遮蔽部材では、シリコン単結晶棒 25 をシリコン融液 12 から所定の引上げ速度で引上げると、シリコン単結晶棒 25 のシリコン融液 12 近傍における外周面からの放熱量が多いため、シリコン単結晶棒の中央における軸方向の温度勾配に比較してシリコン単結晶棒の外周部における軸方向の温度勾配は高くなる。

【0025】

しかし本実施の形態のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材 36 では、膨出部 41 より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒 25 の周囲は高温のヒータ 18 及びシリコン融液 12 によって積極的に加熱される。一方、膨出部 41 の内部に設けられた蓄熱部材 47 も高温のヒータ 18 及びシリコン融液 12 によって積極的に加熱され、この膨出部 41 に対向するシリコン単結晶棒 25 の周囲は加熱された蓄熱部材 47 によって加熱される。これにより、シリコン単結晶棒 25 の下部外周部の急激な温度低下は阻止され、この部分におけるシリコン単結晶棒 25 の軸方向における温度勾配の径方向分布が略均一となり、ボロコフの V/G モデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒 25 を製造することができる。一方、膨出部 41 より上方の筒部 37 の内側は、その筒部 37 によりヒータ 18 からの輻射熱が遮られ、膨出部 41 の内部に設けられた蓄熱部材 47 により高温のシリコン融液 12 からの輻射熱も遮られる。よって、膨出部 41 より上

方に位置するシリコン単結晶棒 2 5 からの放熱は上述したシリコン単結晶棒 2 5 の下部に比較して促進される。

【0 0 2 6】

なお、上記実施の形態では、熱遮蔽部材の筒部 3 7 を円筒状に形成したが、図 3 に示すように、筒部 3 7 は下方に向うに従って直径が小さくなる中空の円錐台状に形成してもよい。筒部 3 7 を下方に向うに従って直径が小さく形成すれば、その筒部 3 7 とシリコン単結晶棒 2 5 の外周面との間を流下する不活性ガスをスムーズにシリコン融液 1 2 と膨出部 4 1 との間に導くことができる。

【0 0 2 7】

また、上記実施の形態では、内筒部材 3 7 a と外筒部材 3 7 b の間に断熱材 3 7 c を充填した筒部 3 7 を示したが、蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が 1 0 mm 以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒 2 5 の外周面との最小間隔 W_1 が 1 0 mm 以上 $0.2d$ 以下である限り、図 4 に示すように、断熱材を充填していない筒部 3 7 であってもよい。

【0 0 2 8】

また、上記実施の形態では、縦壁 4 4 と底壁 4 2 と上壁 4 6 からなる膨出部 4 1 により断面四角形状の蓄熱部材 4 7 を示したが、図 5 に示すように、蓄熱部材 4 7 は断面六角形状であっても良く、図 6 ~ 図 8 に示すような断面五角形状であっても良い。このような五角形状及び六角形状であっても、蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が 1 0 mm 以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒 2 5 の外周面との最小間隔 W_1 が 1 0 mm 以上 $0.2d$ 以下である限り、膨出部 4 1 より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱され、シリコン単結晶棒 2 5 の固液界面付近におけるシリコン単結晶棒 2 5 の外周部における急激な温度低下を阻止できる。

【0 0 2 9】

更に、上述した実施の形態では、蓄熱部材 4 7 に水平な底面を形成したが、蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が 1 0 mm 以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒 2 5 の外周面との最小間隔 W_1 が 1 0 mm 以上 $0.2d$ 以下である限り、

図 9 及び図 1 0 に示すように、蓄熱部材 4 7 は平面に対して 0 度を越えた 8 0 度以下の角度(α 又は θ) で下方に又は上方に向うに従って直径が小さく形成された底面を有するようにしても良い。このような熱遮蔽部材であっても、膨出部 4 1 より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱され、シリコン単結晶棒 2 5 の外周部の急激な温度低下を阻止できる。

【 0 0 3 0 】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、蓄熱部材は熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、シリコン単結晶棒の直径を d とするとき蓄熱部材の内周面は高さが 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒の外周面との最小間隔が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成したので、膨出部より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒の周囲は高温のヒータ及びシリコン融液によって積極的に加熱される。また、膨出部に対向するシリコン単結晶棒の周囲は加熱された蓄熱部材によって加熱される。これにより、シリコン単結晶棒の下部外周部の急激な温度低下は阻止され、この部分におけるシリコン単結晶棒の軸方向における温度勾配の径方向分布が略均一となり、ボロンコフの V/G モデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒 2 5 を製造することができる。

【 0 0 3 1 】

また、蓄熱部材の外周面の上縁と蓄熱部材の最下部との垂直距離が 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ内周面との最小間隔が 20 mm 以上 $d/4$ 以下であれば、シリコン融液又は石英るつぼからの放熱を受けて、シリコン単結晶棒の固液界面付近におけるシリコン単結晶棒の下部外周部における急激な温度低下を有効に阻止することができる。

更に、内筒部材と外筒部材の間に断熱材を充填した筒部であれば、石英るつぼの内周壁からシリコン単結晶棒に向う輻射熱を有効に遮り、膨出部を越えて引上げられたシリコン単結晶棒からの放熱を促進することができ、その断熱材が所定の形状であれば、石英るつぼの内周壁からシリコン単結晶棒に向う輻射熱を確実に遮ることもできる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明シリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材を示す図 2 の A 部拡大断面図。

【図 2】

そのシリコン単結晶引上げ装置の断面構成図。

【図 3】

筒部が下方に向って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 4】

断熱材が充填されていない筒部を有する熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 5】

断面が六角形状の蓄熱部材を有する熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 6】

断面が五角形状の蓄熱部材を有する熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 7】

断面が五角形状の蓄熱部材を有する別の熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 8】

断面が五角形状の蓄熱部材を有する更に別の熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 9】

蓄熱部材の底面が下方に向うに従って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図。

【図 10】

蓄熱部材の底面が上方に向うに従って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図。

【符号の説明】

- 10 シリコン単結晶引上げ装置
- 12 シリコン融液
- 13 石英るつぼ
- 18 ヒータ
- 25 シリコン単結晶棒

36 熱遮蔽部材

37 筒部

37a 内筒部材

37b 外筒部材

37c 断熱材

41 膨出部

47 蓄熱部材

d シリコン単結晶棒の直径

H₁ 蓄熱部材の内周面の高さ

H₂ 蓄熱部材の外周面の上縁と蓄熱部材の最下部との垂直距離

W₁ 蓄熱部材の内周面とシリコン単結晶棒の外周面との最小間隔

W₂ 蓄熱部材の外周面と石英るつぼ内周面との最小間隔

D₁ 断熱材の内径

D₂ 内筒部材の内径

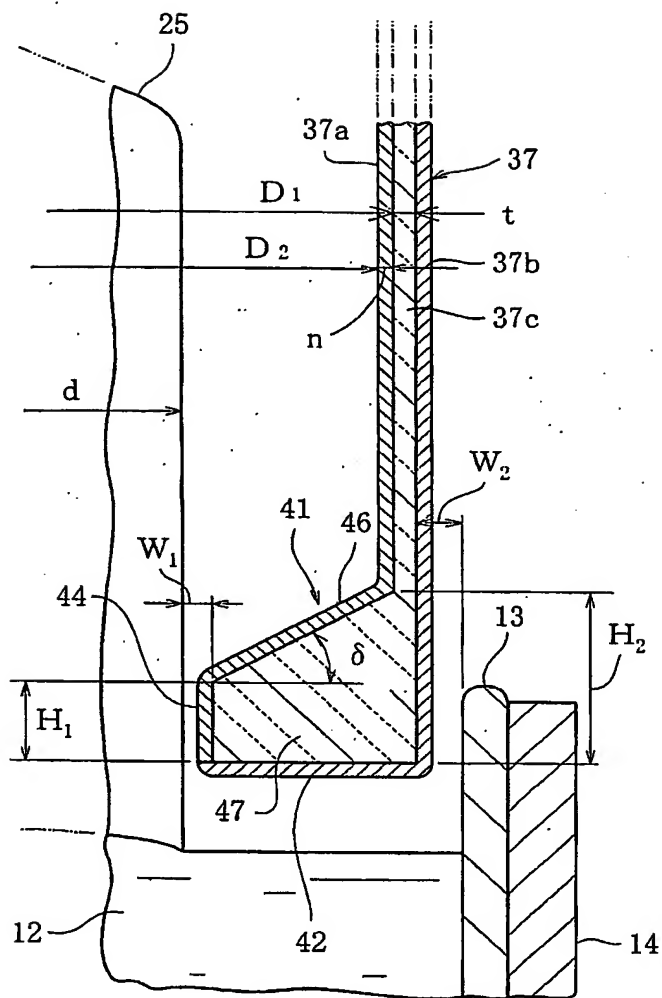
n 内筒部材の厚さ

t 断熱材の厚さ

【書類名】

図面

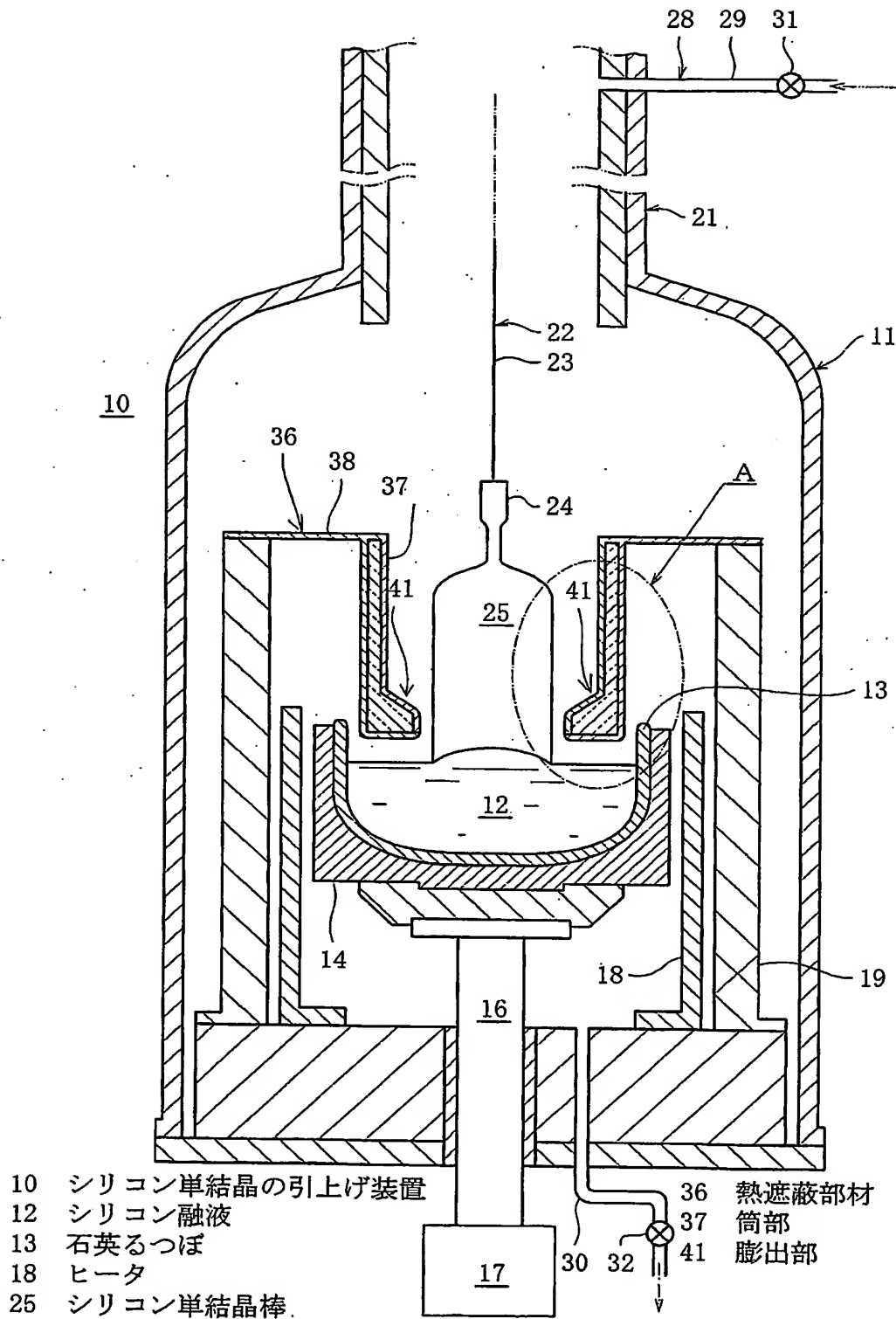
【図 1】



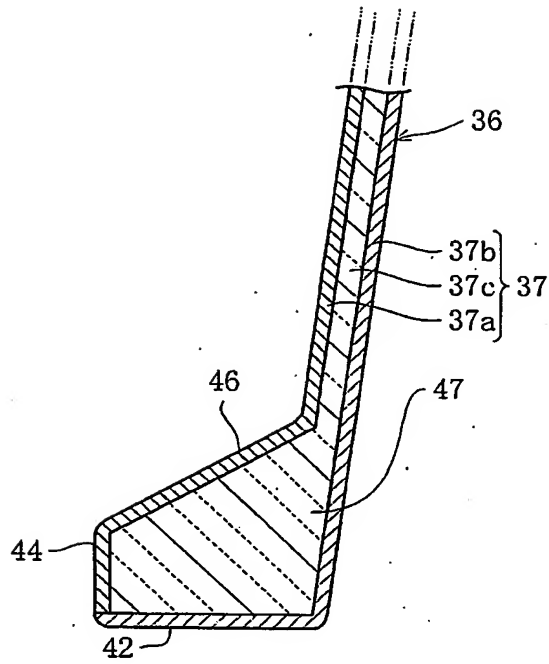
12 シリコン融液
 13 石英るつぼ
 18 ヒータ
 25 シリコン単結晶棒
 36 熱遮蔽部材
 37 筒部
 37a 内筒部材
 37b 外筒部材
 37c 断熱材
 41 膨出部
 47 蓄熱部材

D₁ 断熱材の内径
 d シリコン単結晶棒の直径
 H₁ 蓄熱部材の内周面の高さ
 H₂ 蓄熱部材の外周面の最上縁と蓄熱部材の最下部との垂直距離
 W₁ シリコン単結晶棒の外周面と蓄熱部材の内周面との最小間隔
 W₂ 蓄熱部材の外周面と石英るつぼ内面との最小間隔
 t 断熱材の厚さ
 D₂ 内筒部材の内径
 n 内筒部材の厚さ

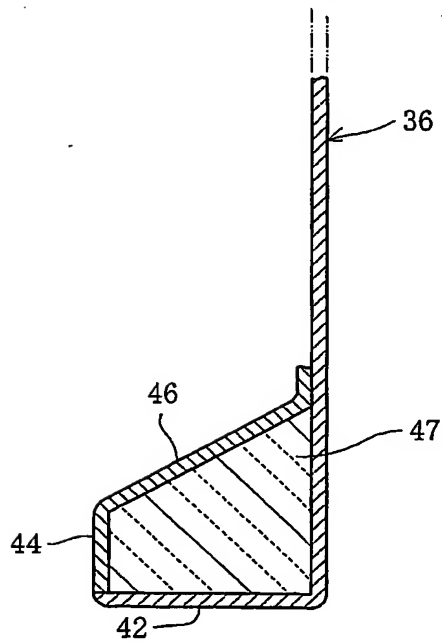
【図 2】



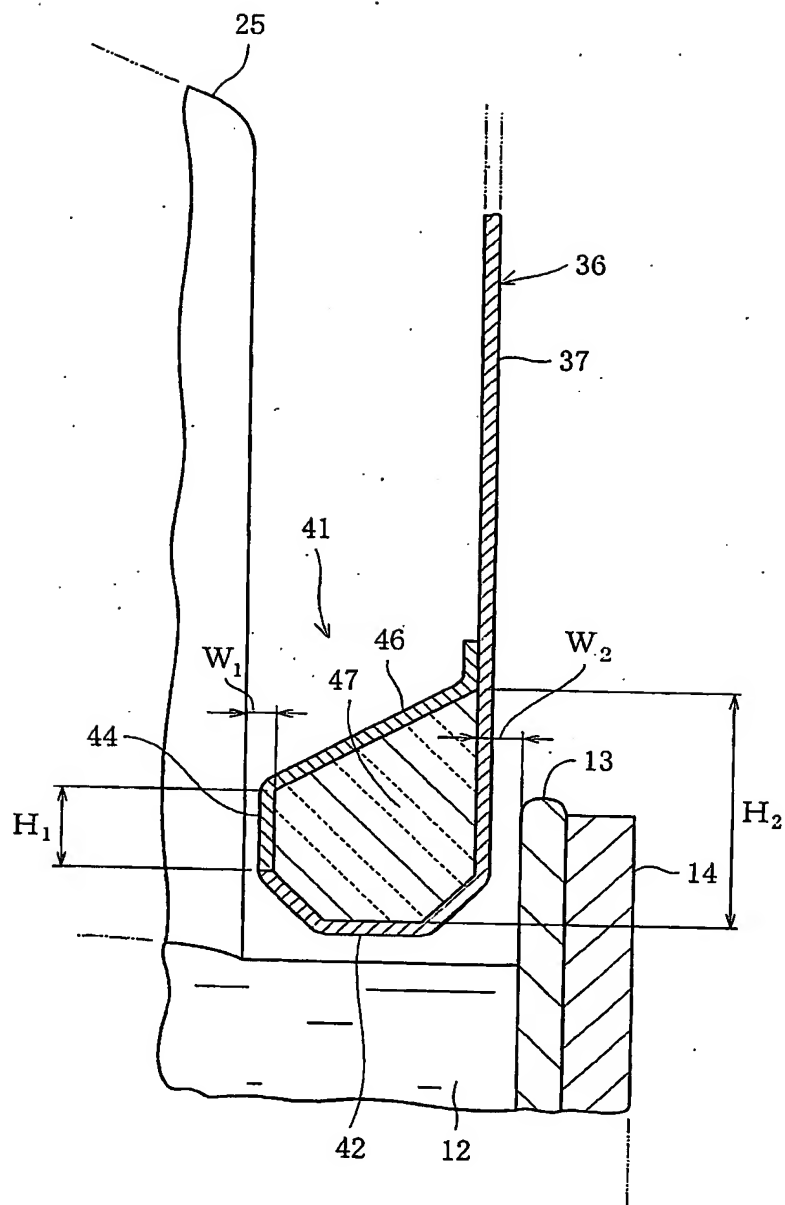
【図 3】



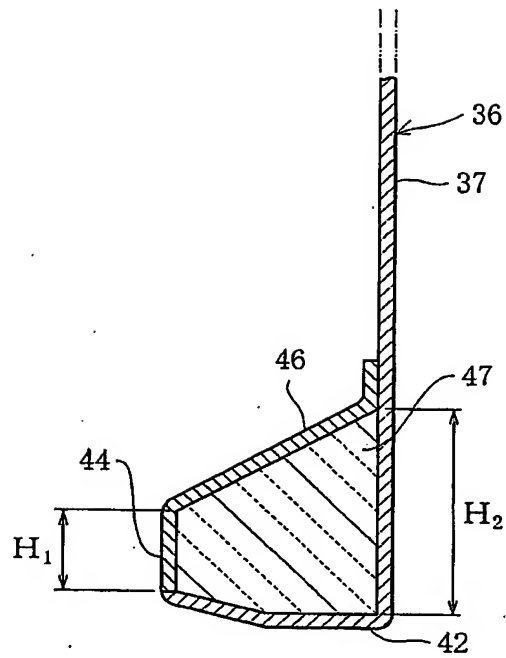
【図 4】



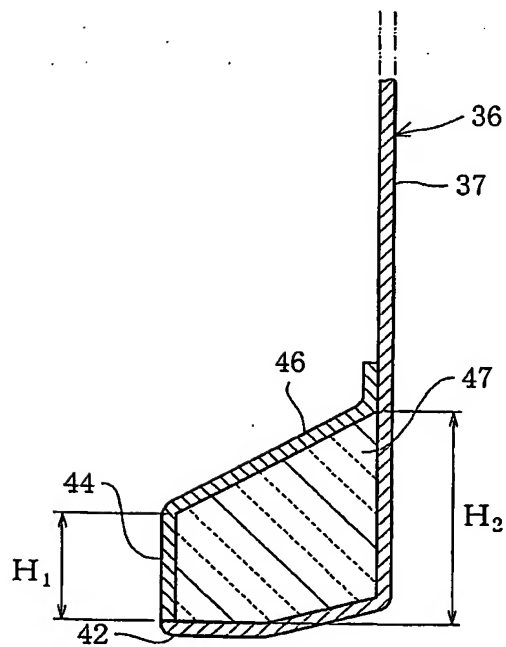
【図 5】



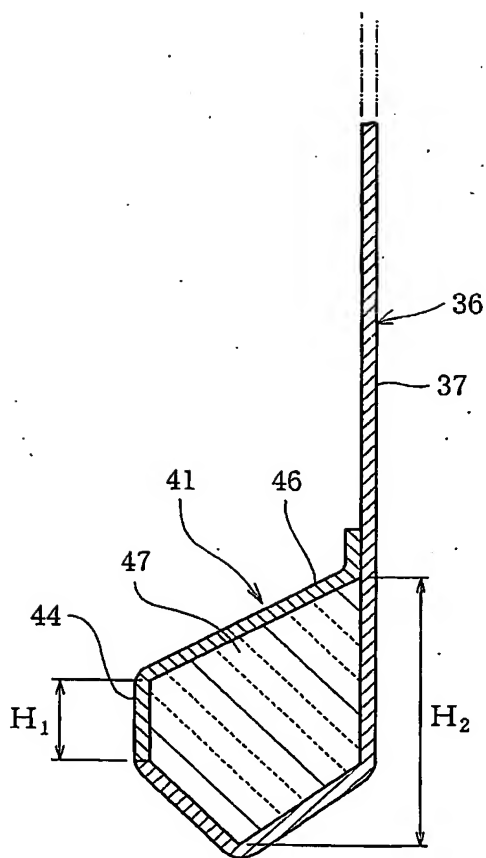
【図 6】



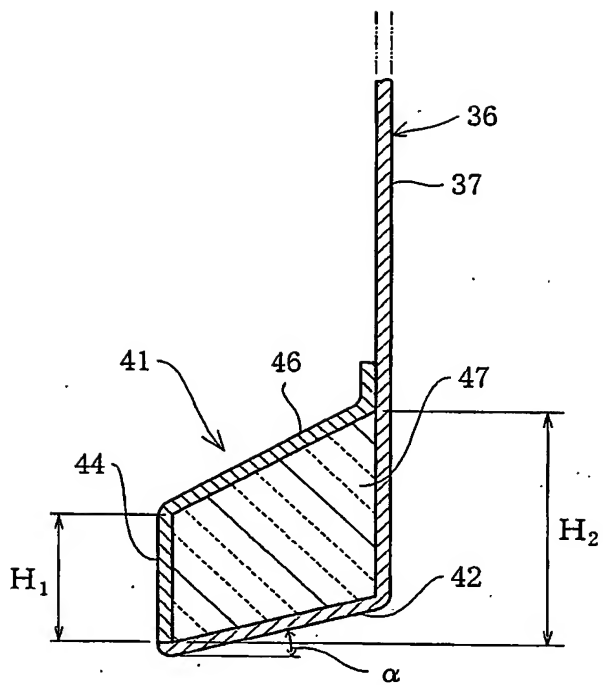
【図 7】



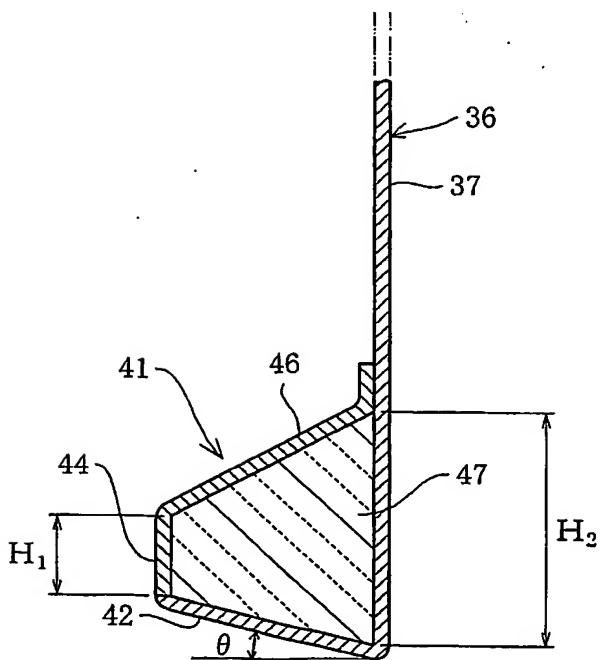
【図 8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリコン融液から引上げ中のシリコン単結晶棒の外周部の急激な温度低下を阻止し、無欠陥のシリコン単結晶棒を得る。

【解決手段】 熱遮蔽部材 36 は、石英るつぼ 13 に貯留されたシリコン融液 12 からシリコン単結晶棒 25 を引上げる装置に設けられ、シリコン単結晶棒の外周面を包囲してヒータ 18 からの輻射熱を遮る筒部 37 と、筒部の下部に設けられた膨出部 41 と、膨出部の内部に設けられたリング状の蓄熱部材 47 とを備える。蓄熱部材は熱伝導率が $5\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、シリコン単結晶棒の直径を d とするとき蓄熱部材の内周面は高さ H_1 が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒の外周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下であり、蓄熱部材の外周面の上縁と最下部との垂直距離 H_2 が 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 以上 $d/4$ 以下である。

【選択図】 図 1

特願 2002-271240

出願人履歴情報

識別番号

[302006854]

1. 変更年月日

2002年 1月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝浦一丁目2番1号

氏 名

三菱住友シリコン株式会社